

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORLED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(C)

## OPTICAL EQUALIZATION AMPLIFIER AND OPTICAL FIBER TRANSMISSION SYSTEM USING SAME

Patent Number: JP5152645  
Publication date: 1993-06-18  
Inventor(s): NAKANO HIROYUKI; others: 01  
Applicant(s): HITACHI LTD; others: 01  
Requested Patent: ☐ JP5152645  
Application Number: JP19910315979 19911129  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01S3/07; G02B27/28; G02F1/35; H01S3/0915; H04B10/16  
EC Classification:  
Equivalents:

---

### Abstract

---

**PURPOSE:** To improve optical detection sensitivity, and ensure high output power from an optical transmitter, low distortion optical relay amplification and low distortion optical booster, and further ensure miniaturization and inexpensiveness by simultaneously compensating wavelength dispersion and the loss of an optical fiber.

**CONSTITUTION:** An optical equalization amplifier comprises equalizing optical fiber 1, a pumping light source 3, a wavelength multiplex optical coupler, an optical isolator 4, and an optical filter 5. The equalizing optical fiber 1 has a dispersion whose sign is opposite to that of wavelength dispersion of the transmission optical fiber in an optical transmission system to which the optical equalization amplifier is applied, and is cancelled and reduced in its wavelength dispersion once it is inserted into the optical transmission system. The equalizing optical fiber 1 contains rare-earth element ion such as Er added thereto and hence exhibits an optical amplification characteristic as they are pumped using the pumping light source 3 and the wavelength multiplex optical coupler 2. The optical isolator 4 serves to suppress reflected light from the outside and the optical filter 5 serves to suppress spontaneously emitted light noise.

---

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-152645

(43)公開日 平成5年(1993)6月18日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/07		8934-4M		
G 0 2 B 27/28	A	9120-2K		
G 0 2 F 1/35	5 0 1	7246-2K		
		8934-4M	H 0 1 S 3/091	J
		8426-5K	H 0 4 B 9/00	J

審査請求 未請求 請求項の数6(全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平3-315979

(22)出願日 平成3年(1991)11月29日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72)発明者 中野 博行

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 大藪 和正

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社電線研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

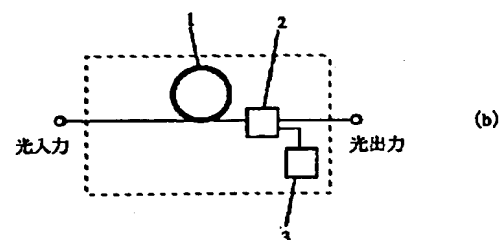
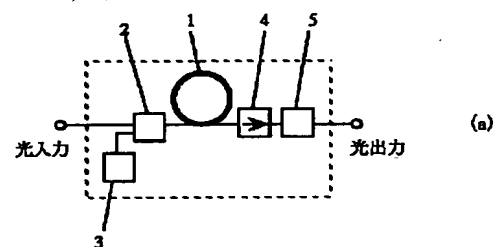
(54)【発明の名称】 光等化増幅器及びそれを用いた光ファイバ伝送システム

(57)【要約】

【目的】光ファイバの波長分散と損失を同時に補償し、光受信感度の改善、光送信器の高出力化、低歪光中継増幅、低歪光ブースターを可能とする小型、低価格な光等化増幅器、及びそれを用いた光ファイバ伝送システムを提供する。

【構成】光等化増幅器は等化用光ファイバ1、励起光源3、波長多重光カプラ2、光アイソレータ4、光フィルタ5から構成される。等化用光ファイバ1は、光等化増幅器が適用される光伝送系における伝送用光ファイバの波長分散値とは逆符号の分散値をもっており、光伝送系に挿入すると波長分散量が打ち消されて、波長分散が低減される。しかも、この等化用光ファイバ1にはErなどの希土類元素イオンが添加されているため、励起光源3及び波長多重光カプラ2を用いて励起すれば光増幅特性が得られる。なお、光アイソレータ4は外部からの反射光抑圧、光フィルタ5は自然放光雑音抑圧のために用いる。

(図1)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 伝送用光ファイバの波長分散特性を補償する等化用光ファイバ中に希土類元素イオンを添加し、前記等化用光ファイバを光励起することを特徴とする光等化増幅器。

【請求項2】 伝送用光ファイバの波長分散特性を補償する等化用光導波路中に希土類元素イオンを添加し、前記等化用光導波路を光励起することを特徴とする光等化増幅器。

【請求項3】 伝送用光ファイバの波長分散特性を補償する等化用光ファイバまたは光導波路中に希土類元素イオンが添加され、光励起された前記等化用光ファイバまたは光導波路が光増幅特性をもつ光等化増幅器を光受信器のフロントエンドとして用いることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項4】 伝送用光ファイバの波長分散特性を補償する等化用光ファイバまたは光導波路中に希土類元素イオンが添加され、光励起された前記等化用光ファイバまたは光導波路が光増幅特性をもつ光等化増幅器を光送信器の出力部に用いることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項5】 伝送用光ファイバの波長分散特性を補償する等化用光ファイバまたは光導波路中に希土類元素イオンが添加され、光励起された該等化用光ファイバまたは光導波路が光増幅特性をもつ光等化増幅器を光増幅中継器として用いることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項6】 伝送用光ファイバの波長分散特性を補償する等化用光ファイバまたは光導波路中に希土類元素イオンが添加され、光励起された前記等化用光ファイバまたは光導波路が光増幅特性をもつ光等化増幅器を光信号分配ポートの前段に設置することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光伝送システムにおいて、光ファイバの波長分散特性を等化すると同時に、光信号を増幅することができる光等化増幅器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、波長分散を補償する光等化器は、文献、トピカル ミーティング オンオブティカル アンプリファイヤーズ アンド ゼア アプリケーションズ、1990年、論文 ティーユーエー2、第100頁-第103頁 (Topical Meeting on Optical Amplifiers and Their Applications, 1990, Paper TuA2, pp. 100-103.) に記載されている。図8に従来の光ファイバ等化器を用いた光伝送システムを示す。11は光送信器、12は伝送用光ファイバ、20及び21は光増幅器、22は光等化器、14は光受信回路、23は光受信器である。等化用光ファイバ22は、伝送用光フ

ファイバ12の波長分散値とは逆符号の分散値をもっている。このため、この光等化器を光受信器の前段に設置することにより、全体の波長分散量を軽減している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来知られている光等化器には、伝送用光ファイバの分散特性とは逆の特性をもつ光ファイバが用いられている。このような分散特性を実現するため、等化用光ファイバの構造パラメータ(コア径、比屈折率差、コアの屈折率分布など)や材料パラメータ(コアの屈折率、ドーパントの種類及び量)を、伝送用光ファイバの各パラメータと異なるように製造することが必要である。このため、伝送用光ファイバと等化用光ファイバを接続する際の損失が大きく、問題となる。また、等化用光ファイバは、伝送用光ファイバと逆の分散特性を得るために、ある程度の長さ(数百mないし数十km)が必要となるために等化用ファイバ自身の伝送損失が生じる。

【0004】 本発明の目的は、波長分散を抑圧するための等化用光ファイバを光伝送路中に挿入したことで生じる損失を補償すると共に、光受信器の受信感度の改善、光送信器の高出力化、光増幅中継器、或いは光信号分配のための光ブースターに必要な光増幅機能を有する光等化増幅器を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明の光等化増幅器では、等化用光ファイバのコアにErなどの希土類元素イオンを添加し、このファイバを光励起することにより光増幅作用を合せ持つようにした。

## 【0006】

【作用】 本発明による光等化増幅器では、伝送用光ファイバの分散特性を補償するために、これとは逆の分散特性をもつ等化用光ファイバを用いる。この等化用光ファイバのコア部には、Erなどの希土類元素イオンが添加されており、特定の発振波長のレーザで励起することにより、従来の光ファイバ増幅器と同様の原理で光増幅特性が得られる。この結果、光ファイバによる光等化(分散補償)及び光増幅が同時に実現できる。

## 【0007】

【実施例】 以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。図1は本発明による光等化増幅器の第一の実施例の構成図である。この光等化増幅器は、通常的光ファイバ増幅器の構成を基本としている。

【0008】 図1(a)では、希土類元素イオンを添加した等化用光ファイバ1、励起光源3、波長多重光カプラ2、光アイソレータ4、光フィルタ5から構成されている。等化用光ファイバ1は、この光等化増幅器が適用される光伝送系における伝送用光ファイバの波長分散値とは逆符号の分散値を有しており、光伝送系に挿入すると波長分散量が打ち消されて、波長分散が低減される。

3

【0009】図2は、伝送用光ファイバと等化用光ファイバの波長分散特性の一例である。例えば、この伝送用光ファイバを用いて光波長 $\lambda_s$ の光信号を送送する場合には波長分散値は $-Dt$  ( $ps/nm/km$ )である。伝送用光ファイバの距離が $Lt$  ( $km$ )のとき分散量は $-Dt \cdot Lt$  ( $ps/nm$ )である。これに対して、光波長 $\lambda_s$ における等化用光ファイバの波長分散値は $De$  ( $ps/nm/km$ )であり、長さ $Le$  ( $km$ )のとき分散量は $De \cdot Le$  ( $ps/nm$ )となる。従って、光伝送路の総分散量は $(-Dt \cdot Lt) + De \cdot Le$  ( $ps/nm$ )となり、これを零に近付けることにより波長分散による信号波形歪が抑圧される。このとき $|De|$ が $|Dt|$ よりも十分大きければ、等化用光ファイバの長さは短くてよく、小型の光等化増幅器が実現できる。しかも、この等化用光ファイバ1には $Er$ などの希土類元素イオンが添加されているため、励起光源3及び波長多重光カプラ2を用いて励起することにより光増幅特性が得られる。なお、光アイソレータ4は外部からの反射光抑圧、光フィルタ5は自然放光雑音抑圧のために用いる。

【0010】具体的には、信号光波長 $1.536\mu m$ で、分散シフトファイバ(零分散波長 $1.55\mu m$ )を伝送用光ファイバとして信号を送送する場合、 $-1ps/nm/km$ 程度の正常分散となる。例えば、 $80km$ 伝送するときに分散値は $-80ps/nm$ となるが、等化増幅用光ファイバとして、 $Er$ イオンを添加した通常の単一モードファイバ(零分散波長 $1.31\mu m$ )を適用することができる。このファイバの特性は、信号光波長 $1.536\mu m$ で $+17ps/nm/km$ 程度の異常分散であるので、 $4.7km$ 程度の長さのファイバを用いることにより、波長分散が打ち消される。

【0011】一方、信号光波長 $1.536\mu m$ で、通常の単一モードファイバ(零分散波長 $1.31\mu m$ )を伝送用光ファイバとして信号を送送する場合、 $+17ps/nm/km$ 程度の異常分散となる。一般に、超高速長距離光ファイバ伝送システムの無中継伝送距離は、 $40\sim 80km$ となっている。例えば、 $80km$ 伝送するときに分散値は $+1360ps/nm$ となるが、等化増幅用光ファイバとして、 $Er$ イオンを添加した超長波長分散シフトファイバ(零分散波長、例えば $2\mu m$ 程度)を適用することができる。このファイバの特性は、信号光波長 $1.536\mu m$ において $-50ps/nm/km$ 程度の正常分散となるので、 $27km$ 程度の長さのファイバを用いることにより、波長分散が打ち消される。また、 $13km$ 程度の長さのファイバを用いても、波長分散量は $1/2$ に軽減され、 $40km$ の通常ファイバ伝送に対しては、完全に波長分散を打ち消すことができる。

【0012】ここで述べた超長波長分散シフトファイバは、コアとクラッドの比屈折率差を $2\sim 3\%$ 程度に大きくして構造分散を増加させることにより製造できる。ま

4

た、通常的光増幅用 $Er$ ドープファイバは、ドープ量数十 $\sim$ 数百 $ppm$ 程度であるが、上述の等化増幅用光ファイバは比較的長尺のため(通常的光増幅用 $Er$ ドープファイバ長は $100m$ 前後)、ドープ量を数 $ppm$ の低濃度にしたり、コアの一部のみに $Er$ を添加して全体の添加量を制限した構造を採用することにより、光増幅に適当なファイバ長と分散補償に最適なファイバ長を一致させることができる。

【0013】図1(b)では、希土類元素イオンを添加した等化用光ファイバ1、励起光源3、波長多重光カプラ2から構成されている。この光等化増幅器では、励起光源3及び波長多重光カプラ2を用いて後方向から励起することにより光増幅特性を得ている。

【0014】図1(a)及び(b)で示した光等化増幅器の光増幅作用は、伝送用光ファイバの伝送損失、等化用光ファイバ1自体の損失及びこれらの接続損失を補償することができる。さらに、光等化作用の無い従来の光増幅器と同様に、光受信器の受信感度の改善、光送信器の高出力化、光増幅中継器、或いは光信号分配のための光ブースターに必要な光増幅機能をもつ光等化増幅器としてシステムに適用することが可能である。

【0015】図3は本発明による光等化増幅器の第二の実施例の構成図である。この光等化増幅器は、通常的光導波路増幅器の構成を基本としている。図3(a)では、希土類元素イオンを添加した等化用光導波路1'、励起光源3、波長多重光カプラ2、光アイソレータ4、光フィルタ5から構成されている。第一の実施例と同様に等化用光導波路1は、この光等化増幅器が適用される光伝送系における伝送用光ファイバの波長分散値とは逆符号の分散値をもっている。このため、この光等化器を光伝送系に挿入すると波長分散量が打ち消されて、波長分散が低減される。しかも、この等化用光導波路1'には $Er$ などの希土類元素イオンが添加されており、励起光源3及び波長多重光カプラ2を用いて励起すれば光増幅特性が得られる。

【0016】図3(b)では、希土類元素イオンを添加した等化用光導波路1'、励起光源3、波長多重光カプラ2から構成されている。

【0017】図3(a)及び(b)で示した光等化増幅器の光増幅作用は、伝送用光ファイバの伝送損失、等化用光導波路1'自体の損失及びこれらの接続損失を補償することができる。さらに、光等化作用の無い従来の光増幅器と同様に、光受信器の受信感度の改善、光送信器の高出力化、光増幅中継器、或いは光信号分配のための光ブースターに必要な光増幅機能をもつ光等化増幅器としてシステムに適用することが可能である。

【0018】図4は本発明による第三の実施例のブロック図である。これは、光等化増幅器を用いた光ファイバ伝送システムである。光送信器11から送出された光信号は、伝送用光ファイバ12を通して光受信回路14で

5

復調される。このとき、伝送用光ファイバ12の波長分散により光信号のパルス波形が歪むことにより伝送特性が劣化する。このため、図1(a)に構成を示した光等化増幅器13を光受信回路14の前段に設置して光フロントエンドとして用いている。すなわち、光受信器15は、光等化増幅器13及び光受信回路14により構成される。この光等化増幅器13により、伝送用光ファイバ12の分散補償及び光増幅による光伝送路損失及び接続損失の補償並びに光受信器の感度改善を実現することができる。

【0019】図5は本発明による第四の実施例の構成図である。光送信器11から送出された光信号は、伝送用光ファイバ12を通して光受信回路14で復調される。このとき、伝送用光ファイバ12の波長分散による伝送特性劣化を抑圧するために、図1(b)に構成を示した光等化増幅器16を光送信器11の出力部に設置している。従って、17は光送信部全体を意味する。この光等化増幅器16により、伝送用光ファイバ12の分散補償及び光増幅による光伝送路損失及び接続損失の補償並びに光送信器の高出力化を実現することができる。

【0020】図6は本発明による第五の実施例のブロック図である。光送信器11から送出された光信号は、伝送用光ファイバ12a、12b、12cを通して光受信回路14で復調される。このとき、伝送用光ファイバ12a、12b、12cの波長分散による伝送特性劣化を抑圧するために、図1(a)に構成を示した光等化増幅器を伝送用光ファイバ間に設置している。この光等化増幅器13a、13b、13cにより、伝送用光ファイバ12a、12b、12cの分散補償及び光増幅による光伝送路損失及び接続損失の補償し、信号波形歪を抑圧した光中継増幅器を実現することができる。

【0021】図7は本発明による第六の実施例のブロック図である。これは、光等化増幅器を用いた光信号分配伝送システムである。光送信器11から送出された光信号は、伝送用光ファイバ12aを通して伝送される。この後、分配ポート19aでn本(nは整数)の光伝送路に分配される。このとき、光信号は伝送用光ファイバ12aの分散により波形が歪むと同時に、分配されるときに各光伝送路の光信号電力は $1/n$ 以下に減衰する。このため、分配ポート19aの前段に光等化増幅器18a

6

び分配損失の補償を同時に実現することができる。分配ポート19aで分配された光信号は、伝送用光ファイバ12bを通して伝送される。この後、分配ポート19bでm本(mは整数)の光伝送路に分配される。このとき、光信号は伝送用光ファイバ12bの分散により波形が歪むと同時に、分配されるときに各光伝送路の光信号電力は $1/m$ 以下に減衰する。このため、分配ポート19bの前段に光等化増幅器18bを設置することにより、伝送用光ファイバの分散補償及び分配損失の補償を同時に実現することができ、光受信回路14で、波形歪が抑圧され、かつ十分な信号レベルの光信号を受信できる。

【0022】この光ファイバ伝送システムにおける分散補償の問題は、デジタル、アナログ双方のシステムに共通であり、実施例の効果も双方にあてはまる。

【0023】

【発明の効果】本発明によれば、伝送用光ファイバの波長分散を補償するための光等化器を挿入したことによる損失を補償することができると共に、従来の光増幅器を用いて得られる効果と同じく光受信器の受信感度の改善、光送信器の高出力化、光増幅中継器、或いは光信号分配のための光ブースターに必要な光増幅機能が得られる。また、従来は光等化器を光伝送系に適用することで発生する損失を補償するために、別の光増幅器を設置することが必要であったが、本発明によれば光等化と光増幅器の性能を同時に実現できるため、光伝送装置の小型化、低価格化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例のブロック図。

【図2】光ファイバの波長分散特性図。

【図3】本発明の第二の実施例のブロック図。

【図4】本発明の第三の実施例のブロック図。

【図5】本発明の第四の実施例のブロック図。

【図6】本発明の第五の実施例のブロック図。

【図7】本発明の第六の実施例のブロック図。

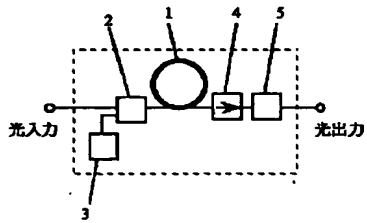
【図8】光等化器を用いた従来の光ファイバ伝送系のブロック図。

【符号の説明】

1…等化用光ファイバ、1'…等化用光導波路、2…波長多重光カプラ、3…励起光源、4…光アイソレータ、5…光フィルタ。

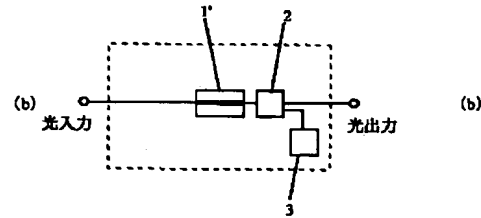
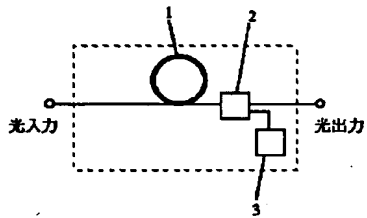
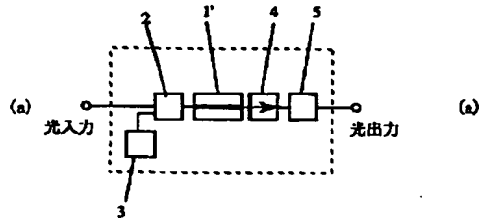
【図1】

(図1)



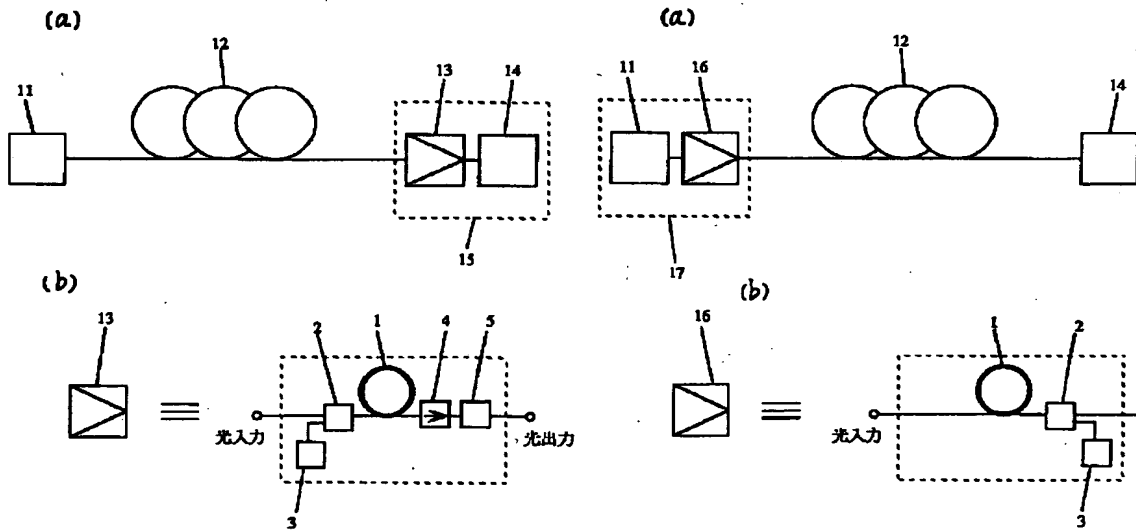
【図3】

(図3)



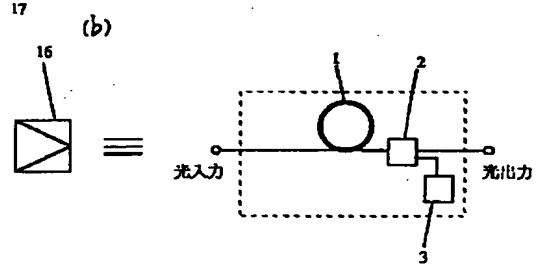
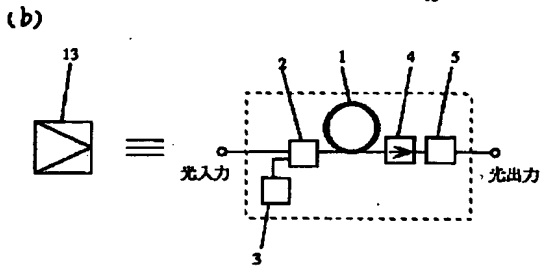
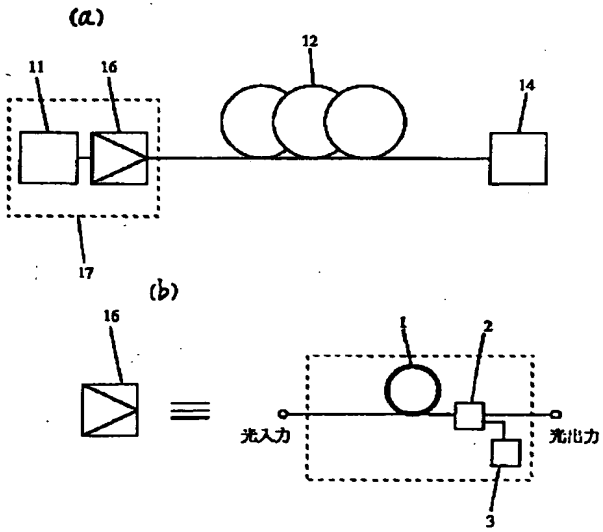
【図4】

(図4)



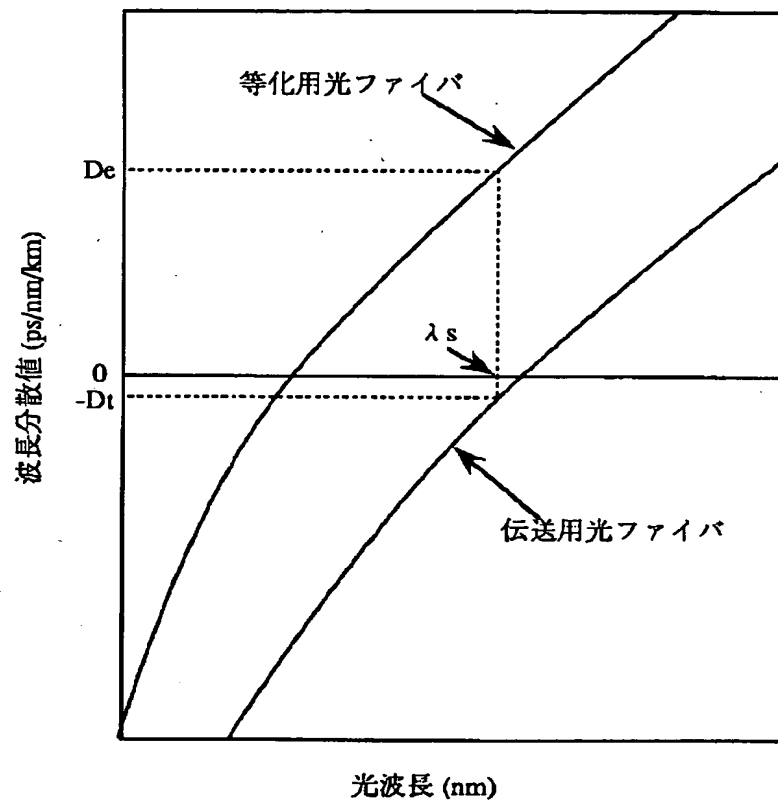
【図5】

(図5)



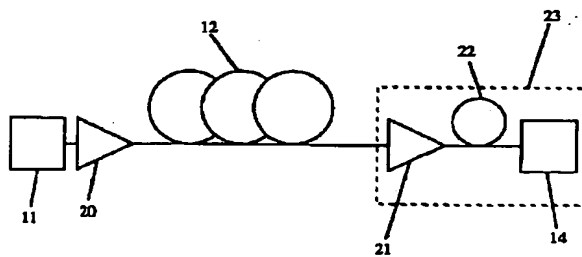
【図2】

(図2)



【図8】

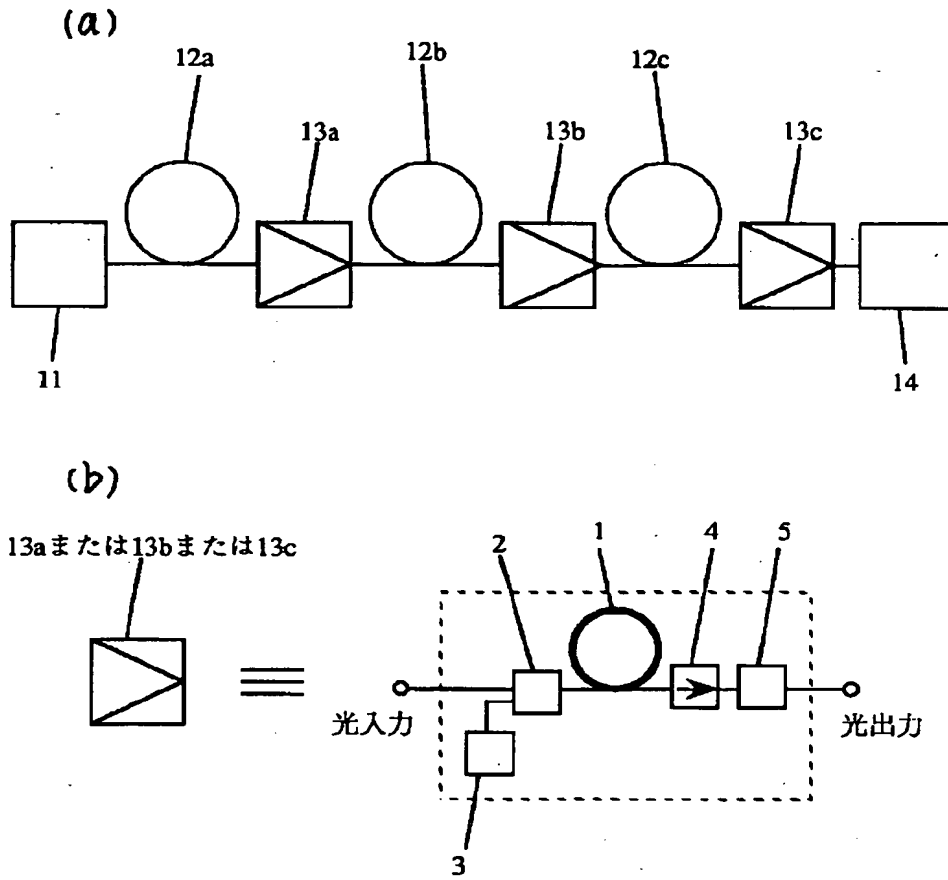
(図8)





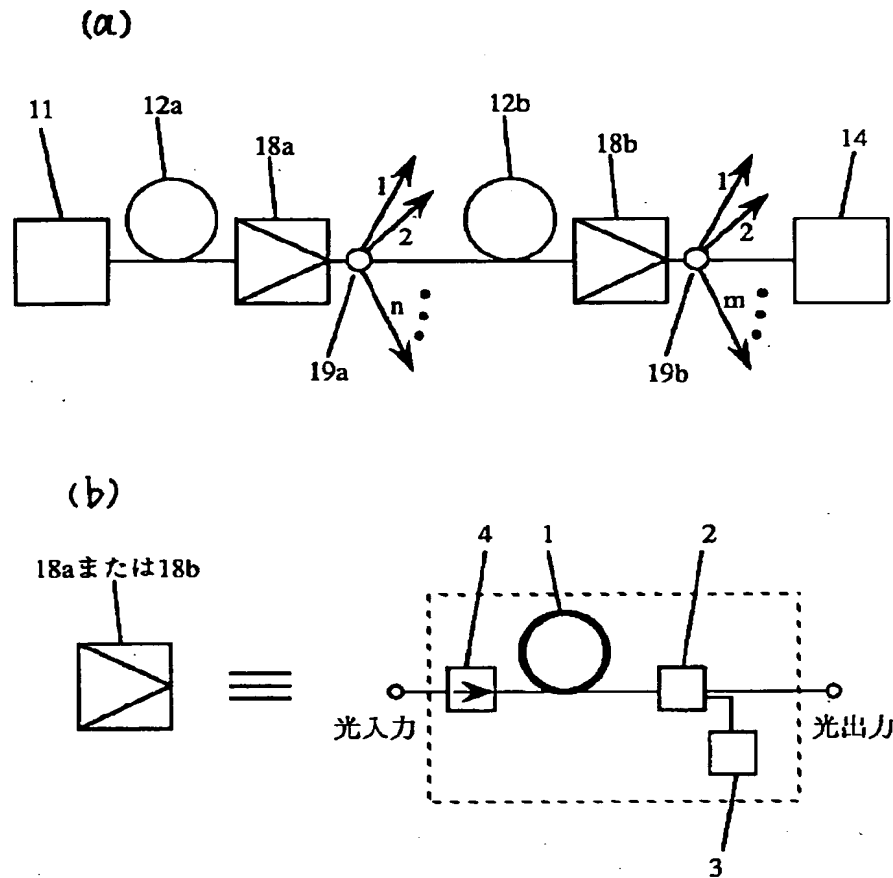
【図6】

(図6)



【図7】

(図7)



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 S 3/0915

H 0 4 B 10/16

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所